

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-205862

(43)Date of publication of application : 28.07.2000

(51)Int.Cl.

G01C 19/56
B81C 1/00
G01P 9/04
G01P 15/125
H01L 29/84

(21)Application number : 2000-008286

(71)Applicant : SAMSUNG ELECTRO MECH CO
LTD

(22)Date of filing : 17.01.2000

(72)Inventor : HAKU SEKIJUN
KA HEICHU
OH YONG-SOO

(30)Priority

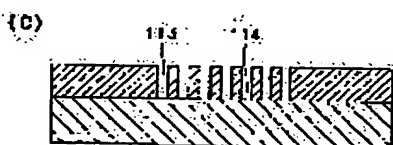
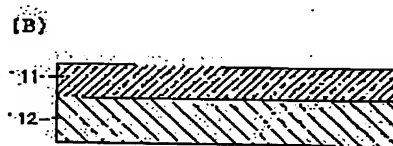
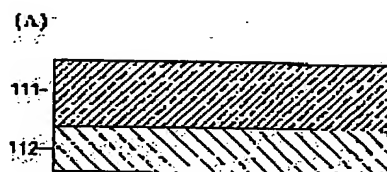
Priority number : 99 9900980 Priority date : 15.01.1999 Priority country : KR

(54) INERTIAL MICROSENSOR AND MANUFACTURE THEREOF

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To machine a single crystal silicon into a high aspect ratio, to increase a measuring area and thickness and to improve reliability and performance by etching the silicon by an anisotropic etching method, and forming an inertial sensor structure.

SOLUTION: A single crystal silicon 111 is bonded onto a glass board 112, and the bonded silicon 111 is polished to a desired thickness. Then, the polished silicon 111 is etched by an anisotropic etching method such as, for example, a reactive ion etching method to form an inertial sensor structure. This step is executed by forming a pattern of a photoresist on the silicon 111. A glass of a bottom of the structure is etched to form a vibrating space of the structure. That is, the glass of the bottom 114 is etched through a groove 113. Then, metal for electrodes is vapor deposited on an overall surface of an etched chip, an external package is coupled by wire bonding to complete the inertial microsensor.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-205862

(P2000-205862A)

(43) 公開日 平成12年7月28日(2000.7.28)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームド ⁷ (参考)
G 0 1 C 19/56		G 0 1 C 19/56	
B 8 1 C 1/00		B 8 1 C 1/00	
G 0 1 P 9/04		G 0 1 P 9/04	
15/125		15/125	
H 0 1 L 29/84		H 0 1 L 29/84	Z
審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 8 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-8286(P2000-8286)

(22) 出願日 平成12年1月17日(2000.1.17)

(31) 優先権主張番号 1 9 9 9 P 9 8 0

(32) 優先日 平成11年1月15日(1999.1.15)

(33) 優先権主張国 韓国 (K R)

(71) 出願人 591003770

三星電機株式会社

大韓民国京畿道水原市八達区梅羅洞314番地

(72) 発明者 白 錫 淳

大韓民国京畿道水原市八達区梅羅洞1洞140-21番地

(72) 発明者 河 炳 柱

大韓民国京畿道水原市八達区豊通洞948-4番地 風谷マウル住公アパート106棟1506号

(74) 代理人 100094145

弁理士 小野 由己男 (外1名)

最終頁に続く

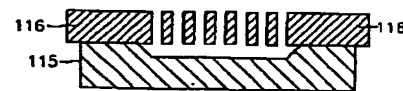
(54) 【発明の名称】 マイクロ慣性センサーの製造方法及びマイクロ慣性センサー

(57) 【要約】

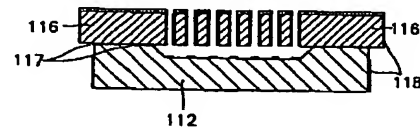
【課題】 ガラスと接合された厚いシリコンを高断面比で加工する。

【解決手段】 ガラス基板上にシリコンをボンディングし、ボンディングしたシリコンを希望の厚さに研磨した後、研磨したシリコンをRIEで蝕刻して構造体を形成し、蝕刻されたシリコンの溝を通じてシリコン構造体の底部ガラスを選択的に蝕刻してシリコン構造物を底部と分離させる。ガラスと接合された厚いシリコンを高断面比で加工して測定面積と厚さとを大きくし、信頼性及び性能を高める。マスクを一つだけ使用する簡単な製造工程なので、慣性センサーの製作コストを下げるができる。また、ガラスで形成された底面がRIE工程で確実な蝕刻停止層の役割をするので全体構造物の厚さを均一に維持できる。

(A)



(B)



(C)



【特許請求の範囲】

【請求項 1】(1) ガラス基板上に単結晶シリコンをボンディングする段階と、
(2) 前記ボンディングされた単結晶シリコンを所定の厚さに研磨する段階と、
(3) 前記研磨された単結晶シリコンを異方性蝕刻法で蝕刻して慣性センサー構造体を形成する段階と、
(4) 前記シリコン慣性センサー構造体の底部のガラスを蝕刻して振動空間を形成する段階と、
(5) 前記蝕刻されたシリコン慣性センサー構造体の全面に電極用金属を蒸着する段階とを含むことを特徴とするマイクロ慣性センサーの製造方法。

【請求項 2】前記(1)段階で、前記ガラス基板としては耐熱性及び耐圧性を有するガラスを使用し、前記単結晶シリコンとしてはn⁺型またはp⁺型にドーピングされた単結晶シリコンを使用することを特徴とする請求項 1 に記載のマイクロ慣性センサーの製造方法。

【請求項 3】前記(1)段階で、前記ガラス基板と単結晶シリコンとを陽極接合法を用いてボンディングすることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のマイクロ慣性センサーの製造方法。

【請求項 4】前記(2)段階では、前記ガラス基板と接合されたシリコンの表面を機械的な研磨法または化学的研磨法で研磨することを特徴とする請求項 1 に記載のマイクロ慣性センサーの製造方法。

【請求項 5】前記(3)段階で、前記異方性蝕刻法は反応性イオン蝕刻法であることを特徴とする請求項 1 に記載のマイクロ慣性センサーの製造方法。

【請求項 6】前記(3)段階で、前記反応性イオン蝕刻法は前記研磨された単結晶シリコン上にフォトレジストパターンを形成して行うことを特徴とする請求項 5 に記載のマイクロ慣性センサーの製造方法。

【請求項 7】前記(3)段階で、前記反応性イオン蝕刻法は前記ガラス基板に対する単結晶シリコンの蝕刻選択性が1:100～1:300程度に大きいことを特徴とする請求項 5 または請求項 6 に記載のマイクロ慣性センサーの製造方法。

【請求項 8】前記(4)段階に先立ち、前記慣性センサー構造体が形成されたガラス基板を各々のチップヘダイシングする段階をさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載のマイクロ慣性センサーの製造方法。

【請求項 9】前記(4)段階は、前記切断された各々のチップをHF溶液に浸漬し、前記慣性センサー構造体の溝を通じて注入されたHF溶液で前記慣性センサー構造体下部のガラスを蝕刻することを特徴とする請求項 8 に記載のマイクロ慣性センサーの製造方法。

【請求項 10】前記(5)段階はスパッタリング法で行われることを特徴とする請求項 1 に記載のマイクロ慣性センサーの製造方法。

【請求項 11】前記(5)段階後に、前記各々のチップを

パッケージングした後ワイヤボンディングを行なう段階をさらに含むことを特徴とする請求項 8 に記載のマイクロ慣性センサーの製造方法。

【請求項 12】請求項 1～11 に記載のいずれかの方法により製造されるマイクロ慣性センサー。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はガラスと接合された厚いシリコンを高アスペクト比で加工するマイクロ慣性センサーの製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】現在、静電容量型マイクロ慣性センサーは活発に研究開発されている。加速度センサーは既に製品化されて販売されているし、ジャイロ스코プは研究開発が完了して商品化初期段階に至っている。従って現在の慣性センサーに対する研究開発方向は信頼性及び性能を高めコストを下げることにある。これを実現するためには測定面積が大きく微細構造物の剛性が大きくて堅いべきであり、製造工程が単純なべきである。

【0003】このような背景をもとに現在まで用いられてくる製造方法の一つが、図 1 に示すガラスと接合されたシリコンを用いて慣性センサーを製作する方法である。この方法は米国特許US 5,492,596号に示されており、その製造方法は次の通りである。

【0004】まず、図 1 (A) に示すように、シリコンウェハ 100 とガラスとが接合された空間 102 を形成するために、シリコン 100 を約 2 μm 程度蝕刻する。次に、図 1 (B) に示すように、シリコン 100 表面にボロンを高濃度ドーピングし、図 1 (C) に示すように、反応性イオン蝕刻(RIE)法でボロンがドーピングされたシリコン面 104 を蝕刻する。この際蝕刻深度はボロンがドーピングされた面よりやや深くする。

【0005】一方、図 2 (A) ～図 2 (C) に示すように、ガラス上に金属で電極 212、220 を形成しておく。次に、図 3 (A) に示すように、電極が形成されたガラスとボロンがドーピングされたシリコンとを接合する。接合後、図 3 (B) に示すように、シリコンのボロンドーピングされなかった面 100 をEDPのようなボロン濃度によって蝕刻速度が異なる蝕刻液で蝕刻し、ボロンがドーピングされた面だけ残らせる。

【0006】このような製造方法は、複雑で、ボロンの高濃度ドーピングの深度に限界があつて(約 10 μm)厚い構造体を作り難いし、ボロンドーピングの濃度差によるストレスが発生する。また狭い空間を介してガラスとシリコンとを接合するので、接合時に加える電圧により空間層 102 でもシリコンとガラスとが接合する現象が発生する。

【0007】前記のような方法とは異なり、図 4 ～図 6 に示すように、単結晶シリコンだけ使用して比較的簡単にセンサーを製作する方法も提供されている。一般にSC

REAM(Single Crystal Reactive Etching And Metalization)と呼ばれるこの方法は、米国特許US 5,198,390号に示されている。この方法は次の通りである。

【0008】まず、図4(A)に示すように、単結晶シリコン312に熱酸化膜314を形成し、フォトレジストパターンを形成した後、図4(B)に示すように、反応性イオン蝕刻(RIE)法で蝕刻する。

【0009】次に、図5(A)に示すように、蝕刻された面(側面324、底面326)にシリコン酸化膜332を形成した後、図5(B)に示すように、金属膜334を蒸着し、その上に再びフォトレジスト338を用いてパタニングして、図6(A)に示すように、金属膜334と酸化膜332とを部分的に除去する。この際、最初の反応性イオン蝕刻(RIE)法で掘れている溝底面の酸化膜332と金属膜334とは全て除去される。

【0010】その後、通常用いられる一般のシリコン等方性蝕刻液を使用し、図6(B)に示すように、構造物354底部のシリコンを蝕刻して底から離れている構造体を形成する。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】図4～図6に示す前述の方法は単結晶ウェハだけを使用する比較的簡単な方法である。しかし、やはりマスクが二つ要り、狭く深く掘れている溝の側壁とその底面とに金属膜と酸化膜とを形成すべきであり、これを再びパタニングしなければならないので、蝕刻された溝のアスペクト比に制限がある。従って、狭くて深い溝を有する構造は作り難い。また単結晶ウェハを使用するので測定時寄生容量が多くなるし、反応性イオン蝕刻(RIE)時蝕刻停止層がないので正確な厚さに蝕刻し難い。従って全体的に構造物の厚さが不均一になる。またシリコン等方性蝕刻によってビーム部分の底部354も蝕刻されてビーム厚さを均一に維持し難い。さらに、上部の構造体側壁324に酸化膜332が蒸着されない場合、底部のシリコンをシリコン等方性蝕刻液で長時間蝕刻すると上部のシリコン354も蝕刻される恐れがある。

【0012】本発明の目的は前記の問題点を解決することであって、ガラスと接合された厚いシリコンを高アスペクト比で加工することにより測定面積と厚さとを大きくして信頼性と性能を高めることができ、一般的にシリコン基板を通じて誘起される寄生容量を除去し、簡単な工程で製作コストを下げられるマイクロ慣性センサーの製造方法を提供することにその目的がある。

【0013】

【課題を解決するための手段】前記のような目的を達成するために本発明に係るマイクロ慣性センサーの製造方法は、(1)ガラス基板上に単結晶シリコンをボンディングする段階と、(2)前記ボンディングされた単結晶シリコンを希望の厚さに研磨する段階と、(3)前記研磨された単結晶シリコンを異方性蝕刻法で蝕刻して慣性セン

サー構造体を形成する段階と、(4)前記シリコン慣性センサー構造体の底部のガラスを蝕刻して振動空間を形成する段階と、(5)前記蝕刻されたシリコン慣性センサー構造体の全面に電極用金属を蒸着する段階とを含むことを特徴とする。

【0014】本発明において、前記(1)段階で、前記ガラス基板としてはパイレックスガラスなど耐熱性及び耐圧性を有するガラスを使用し、前記単結晶シリコンは n^+ 型または p^+ 型にドーピングされた単結晶シリコンを使用し、前記ガラス基板と単結晶シリコンとは陽極接合法を用いてボンディングすることが望ましい。

【0015】また本発明において、前記(3)段階は、前記単結晶シリコン上に形成されたフォトレジストパターンを用いて反応性イオン蝕刻法で行われ、この反応性イオン蝕刻法は前記ガラス基板に対する単結晶シリコンの蝕刻選択性が1:100～1:300程度に大きいことが望ましい。

【0016】また本発明において、前記(4)段階はHF溶液よりなされることが望ましい。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら本発明に係るマイクロ慣性センサーの製造方法を詳細に説明する。

【0018】本発明に係るマイクロ慣性センサーの製造方法を図7～図8に工程段階別に示す。図示したように、本発明に係るマイクロ慣性センサーの製造方法は、ガラス基板上にシリコンをボンディングするボンディング工程、ボンディングされたシリコンを希望の厚さに研磨する研磨工程、研磨されたシリコンをRIEで蝕刻して構造体を形成する構造体形成工程、蝕刻されたシリコンの溝を通じてシリコン構造体の底部のガラスを選択的に蝕刻してシリコン構造物を底部と分離させる分離工程及び電極用金属蒸着工程よりなる。これを詳細に説明すれば次の通りである。

【0019】まず、図7(A)に示すように、ガラス基板112上に単結晶シリコン111をボンディングする。即ち、低抵抗のドーピングされた(n^+ または p^+)シリコン基板111をパイレックス(Corning#7740)ガラス112と陽極接合を用いて接合する。なお、ガラス112としては、耐熱耐圧ガラス、好ましくはシリコンと陽極接合可能なものを用いる。

【0020】次に、図7(B)に示すように、ボンディングされたシリコン111を希望の厚さに研磨する。例えば、接合されたシリコン面を機械的な研磨法あるいは化学的研磨法で研磨し、シリコン111を約40 μ mの厚さにする。

【0021】次に、図7(C)に示すように、研磨されたシリコン111を異方性蝕刻法、特に反応性イオン蝕刻(RIE)法で蝕刻して慣性センサー構造体を形成する。この工程は研磨されたシリコン111上にフォトレジス

ト(PR)でパターンを形成して実施する。一般的に反応性イオン蝕刻(RIE)工程はガラス112に対するシリコン111の蝕刻選択性が普通100:1~300:1程度で大きいのでガラス面はほとんど蝕刻されない。そして構造物の乾式蝕刻装置として最近に開発されたICP RIEを用いれば溝113の幅が2 μ m、深度が40~60 μ mの高アスペクト比でシリコン111を蝕刻できる。

【0022】次に、図8(A)に示すように、各々のチップへのダイシングをし、シリコン慣性センサー構造体の底部分のガラスを蝕刻して慣性センサー構造体の振動空間を形成する。即ち、蝕刻されたウェハはダイシングマシンを用いて各々のチップに切断される。切断された各々のチップをHF溶液に浸漬してHF溶液が側面115と溝113を通じてシリコン慣性センサー構造体の底部114のガラス112とチップ側面のガラス115を蝕刻する。これを通じて狭い溝113で形成された中央の動く構造体はガラス底部から離れ、両側の広い面積を有する部分116はガラスと接触し続けて中央シリコン構造体を支える役割をする。

【0023】次に、図8(B)に示すように、このように蝕刻されたチップの全面にスパッタを使用して、電極用金属118を蒸着する。チップ全面に金属を蒸着してもシリコン構造体とガラス112とが接する部分117がシリコン慣性センサー構造体内に入っていてこの部分に金属膜が蒸着されないで電氣的に相互絶縁される。

【0024】次に、図8(C)に示すように、各々のチップを外部パッケージとワイヤボンディングで連結し、マイクロ慣性センサーを完成させる。このようなマイクロ慣性センサー製作工程は、実質的なセンサー製作工程と言えないパッケージング及びワイヤボンディング工程を除外すれば、一枚のマスクと5段階の単位工程だけでなされていて非常に簡単である。また、底面に形成されたガラスは、シリコン構造体をRIE工程で形成するとき確実な蝕刻停止層の役割をするので、全体構造物の厚さを均一に維持できる。そしてシリコン構造物が絶縁体のガラス上に形成されているので、構造体の各機能部が電氣的に絶縁されていて絶縁膜を構造体の上面と側面に形成する必要がなく、基板を通した寄生容量の誘起がない。また選択的なガラス蝕刻液のHFは一般的にシリコンと反応しないので、長時間ガラスを蝕刻する間シリコンが蝕刻される心配はない。

【0025】図9及び図10は、前記のようなマイクロ慣性センサーの製造方法により製作されたマイクロジャイロスコープの具体的な斜視図及び平面図である。その動作原理は次の通りである。

【0026】支持ビーム12により支持されている慣性質量体8を電極7を通して接地し、慣性質量体8とコーム状構造16を形成している固定電極15に交流と直流電圧とを併せて印加すれば、静電力によって慣性質量体8は図中x方向に交流電圧の周波数で振動する。x方向の

振動の変位を最大にするために、交流電圧の周波数は構造物のx方向固有振動モードの共振周波数と一致させる。このような振動変位はさらに他のコーム状構造20のキャパシタンス変化を通じてモニタリングされる。

【0027】振動している慣性質量体8に外部からz方向の角速度が印加されれば、慣性質量体8は下式に示すy方向のコリオリ(Coriolis)の力 F_c を受ける。

$$F_c = 2m\Omega \cdot V_x$$

ここで、 m は慣性質量体8の質量、 Ω は外部印加角速度、 V_x は振動方向(x方向)の振動速度である。コリオリの力は振動と同じ周波数を有する正弦波で表現される。コリオリの力は慣性質量8体を感知方向(y方向)に振動させる。この時の振動周波数はコリオリの力の振動周波数である。従ってy方向に振動変位が最大になるのは、y方向の固有振動モードの共振周波数と、コリオリの力、即ちx方向の振動モード共振周波数と同じ時である。従って、ジャイロスコープでは振動の共振周波数と感知運動の共振周波数とが一致しなければならない。

【0028】感知方向(y方向)の振動は、慣性質量体8と固定電極3、4とから形成されるコーム状構造体20のコーム間の間隔を変える。この変化で発生する二電極間のキャパシタンスの変化を測定してコリオリの力を感知し、角速度を検出する。この際キャパシタンスは電極3と電極4とから得られるキャパシタンス変化の差分を通して得られる。また電極21を通してジャイロスコープの各方向への力の均衡を得ることができる。

【0029】このような駆動原理を有する本発明のポイントは、慣性質量体8の支持ビーム12の形態を振動方向(x方向)と感知方向(y方向)に対称(x軸に対して45°)的に作ることによって、ビーム12から発生する製作誤差による有効剛性の変化が振動と感知側に同一に作用してその変化は同一になる。従って二方向の周波数は有効質量の差だけいつも一定になる。このようなマイクロジャイロスコープは本発明に係る慣性センサー製造方法により製作される素子の一例にすぎない。本発明に係る製造方法を適用して製作された素子の実施例を紹介すれば次の通りである。

【0030】図11は、本発明に係るマイクロ慣性センサー製造方法によって製作された加速度センサーの断面写真である。ガラスが部分的に蝕刻されて中央の動かないシリコン11はガラス面12と接合されていて、動くシリコン構造体13はガラス面から一定間隔だけ浮いていることが分かる。

【0031】図12は、本発明に係るマイクロ慣性センサーの製造方法により製作される図9及び図10のマイクロジャイロスコープの部分平面写真である。そして、図13は本発明に係るマイクロ慣性センサーの製造方法により製作された加速度センサーの平面写真である。

【0032】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係るマイ

クロ慣性センサー製造方法は、ガラス基板上にシリコンをボンディングし、ボンディングしたシリコンを希望の厚さに研磨した後、研磨したシリコンをRIEで蝕刻して構造体を形成し、蝕刻されたシリコンの溝を通じてシリコン構造体の底部ガラスを選択的に蝕刻してシリコン構造体を底部と分離させる方法であって、ガラスと接合された厚いシリコンを高アスペクト比で加工して測定面積と厚さが大きくなって信頼性と性能を高めることができ、マスクを一つだけ使用する簡単な工程で慣性センサーの製作コストを下げるができる。また、ガラスで形成された底面がRIE工程で確実な蝕刻停止層の役割をするので全体構造物の厚さを均一に維持できる。そして、シリコン構造物が厚くて安定した単結晶シリコンが使われるのでセンサーの信頼性を高めることができ、シリコン構造物が絶縁体のガラス上に形成されているので構造体の各機能部が電氣的に絶縁されていて絶縁膜を構造体の上面と側面に形成する必要がなく、基板を通した寄生容量の誘起がない。また選択的なガラス蝕刻液のHFは一般的にシリコンと反応しないので長時間ガラスを蝕刻する間にシリコンが蝕刻される心配はない。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1 (A), (B), (C) は、従来のマイクロ慣性センサー製造方法を工程段階別に示す断面図である。

【図2】図2 (A), (B), (C) は、従来のマイクロ慣性センサーの製造方法を工程段階別に示す断面図である。

【図3】図3 (A), (B) は、従来のマイクロ慣性セ

ンサーの製造方法を工程段階別に示す断面図である。

【図4】図4 (A), (B) は、従来の他のマイクロ慣性センサーの製造方法を工程段階別に示す断面図である。

【図5】図5 (A), (B) は、従来の他のマイクロ慣性センサーの製造方法を工程段階別に示す断面図である。

【図6】図6 (A), (B) は、従来の他のマイクロ慣性センサーの製造方法を工程段階別に示す断面図である。

【図7】図7 (A), (B), (C) は、本発明に係るマイクロ慣性センサーの製造方法を工程段階別に示す断面図である。

【図8】図8 (A), (B), (C) は、本発明に係るマイクロ慣性センサーの製造方法を工程段階別に示す断面図である。

【図9】図7～図8のマイクロ慣性センサー製造方法により制作されたマイクロジャイロスコープの具体的な斜視図である。

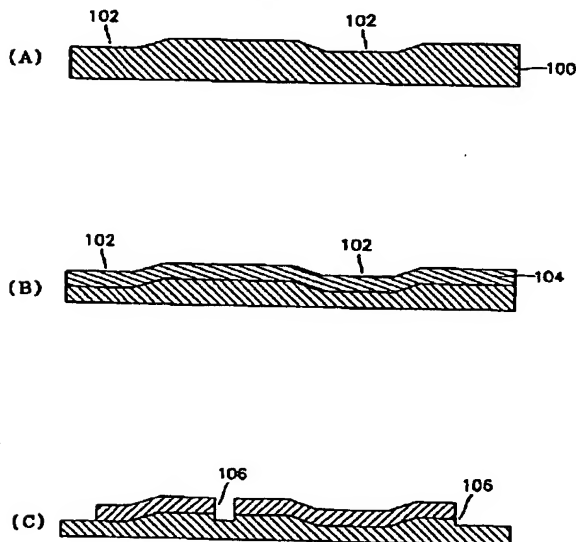
【図10】図9のマイクロジャイロスコープの平面図である。

【図11】本発明に係るマイクロ慣性センサー製造方法によって製作された加速度センサーの断面写真である。

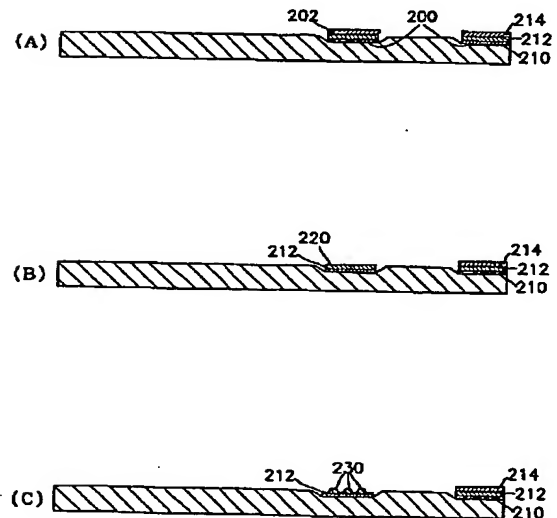
【図12】本発明に係るマイクロ慣性センサー製造方法により製作された図9及び図10に示したようなマイクロジャイロスコープの部分平面写真である。

【図13】本発明に係るマイクロ慣性センサーの製造方法により製作された加速度センサーの平面写真である。

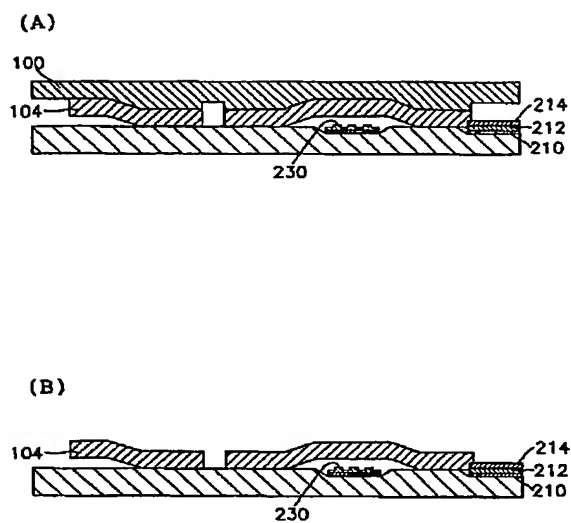
【図1】



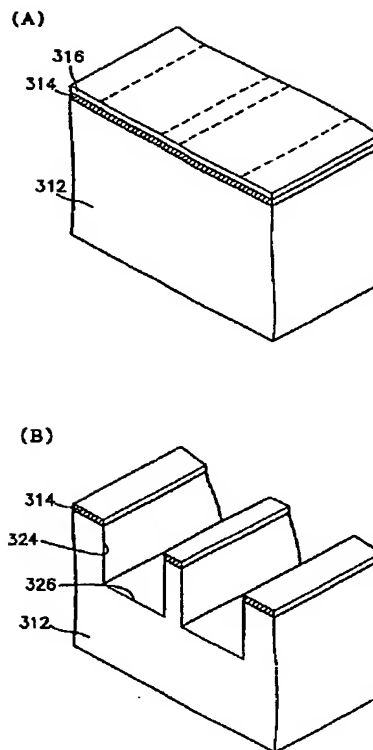
【図2】



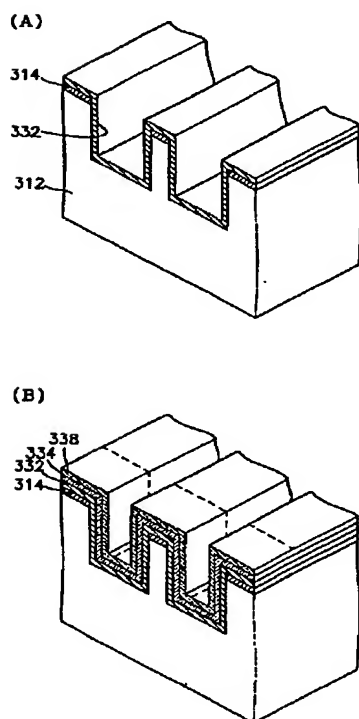
【図 3】



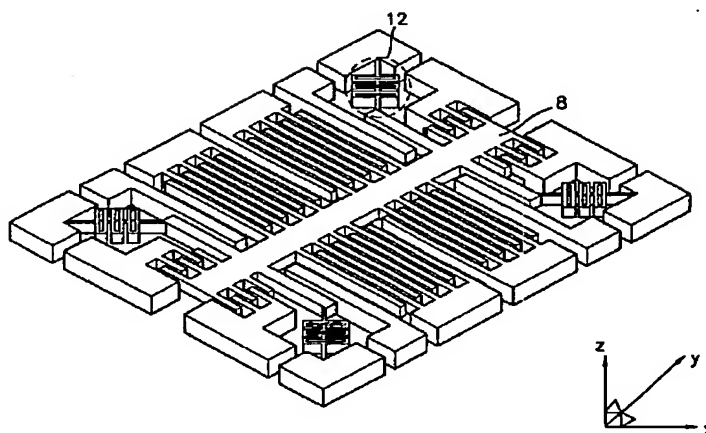
【図 4】



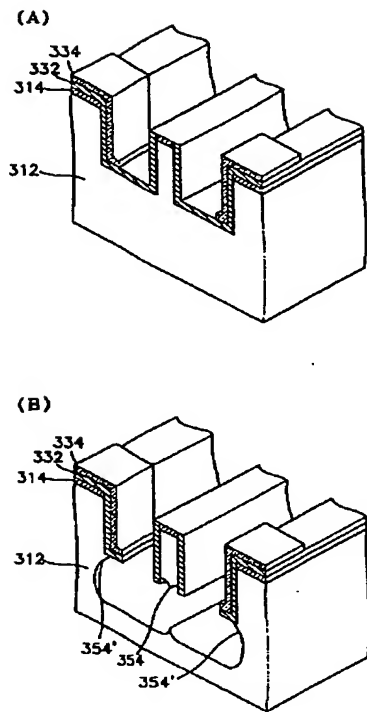
【図 5】



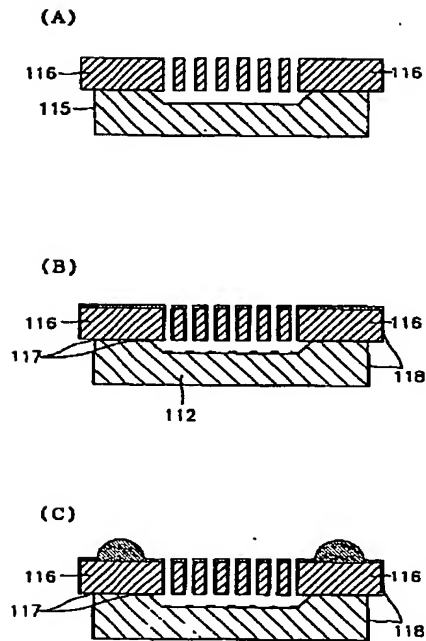
【図 9】



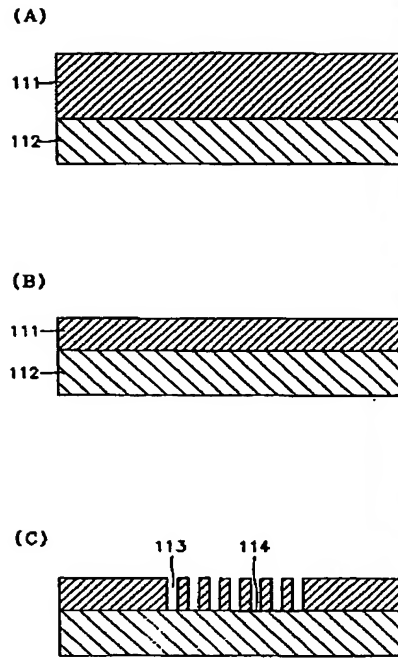
【図6】



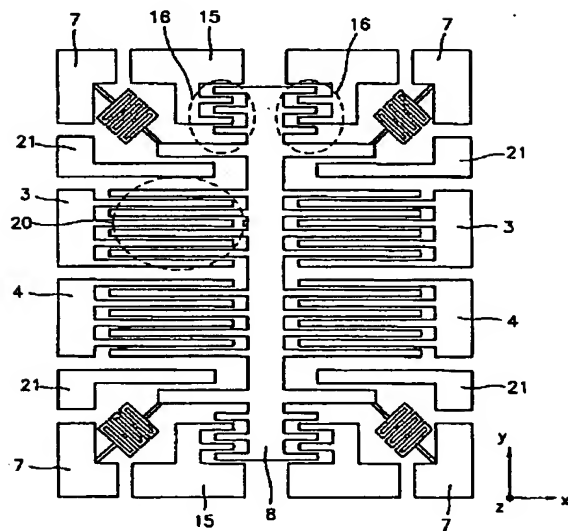
【図8】



【図7】



【図10】



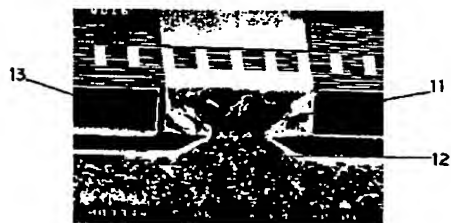
【図12】



【図13】



【図 11】



フロントページの続き

(72)発明者 呉 龍 洙

大韓民国京畿道城南市盆唐区盆唐洞35番地
セッピョルマウル東成アパート206棟307
号

BEST AVAILABLE COPY